Lane Medical Library

Ueber den Einfluss

der

Wärme und Kälte

auf verschiedene

irritable Gewebe warm- und kaltblütiger Thiere.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer hohen medicinischen Facultät zu Bern

vorgelegt von

FRANZ KUHE

aus Prag.

Von der Facultät zum Druck genehmigt auf Antrag von Herrn Professor Luchsinger.

Bern, den 1. April 1883.

Der Dekan:

Prof. Dr **L. Lichtheim.**

Bern.

Buchdruckerei S. Collin.

1884.

Ueber den Einfluss

der

Wärme und Kälte

auf verschiedene

irritable Gewebe warm- und kaltblütiger Thiere.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde einer hohen medicinischen Facultät zu Bern

vorgelegt von

Franz Kuhe

aus Prag.

Von der Facultät zum Druck genehmigt auf Antrag von
Herrn Professor Luchsinger.

Bern, den 1. April 1883.

Der Dekan:
Prof. Dr **L. Lichtheim.**

Bern.
Buchdruckerei S. Collin.
1884.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153513_0110

Seinem theuren Vater

gewidmet

vom Verfasser.

Ueber den Einfluss der Wärme und Kälte auf verschiedene irritable Gewebe warm- und kaltblütiger Thiere.

Da alles Leben auf Bewegungen verschiedener Atomgruppen der lebendigen Molekule beruht, so scheint es schon von vornherein äusserst verständlich, wenn wir durch mässige Temperaturerhöhungen die Lebenserscheinungen gesteigert, durch Abkühlungen aber herabgesetzt finden. Denn es addirt sich doch die durch die Wärme bedingte Molekularbewegung der lebenden Gewebe einfach hinzu zu der schon bestehenden Bewegung, die eben den lebenden Zustand repräsentirt. Erst wenn die Temperaturen zu hoch steigen sollten, wird eine Lähmung eintreten können, indem die Zersetzungsprocesse offenbar dann viel rascher ablaufen, als die Processe der Regeneration des lebendigen Molekuls.

Derartige Betrachtungen und eine Reihe von Thatsachen hatte vor mehreren Jahren schon Herr Professor *Luchsinger* [1]) ausgeführt. So wurde unter anderem auch hier schon das Verhalten der Iris des Frosches als Beispiel angeführt; denn beim Erwärmen bis zu etwa 40° contrahirte sich der Sphincter derselben, erschlaffte jedoch

[1]) Luchsinger. Zur allgemeinen Physiologie der irritablen Substanzen. Bonn, 1879.

bei noch höherem Wärmegrade, aber gleicher Weise auch beim Sinken der Temperatur.[1])

Freilich trat solche Angabe in Widerspruch zu einer ganzen Reihe von Behauptungen, wonach im Gegentheil die Wärme auf die Pupille des Frosches gerade umgekehrt, d. h. von vornherein erweiternd wirken soll. *Schur*[2]) will unter *Grünhagen's* Leitung ein ganz verschiedenes Verhalten der Iriden warm- und kaltblütiger Thiere gefunden haben, und übereinstimmend damit berichtet *Samkowy*,[3]) ebenfalls mit *Grünhagen* zusammen, ein verschiedenes Verhalten des detrusor vesicæ warm- und kaltblütiger Thiere. Um nun den Widerspruch zwischen diesem, allerdings nur gelegentlichen, aber prinzipiell doch recht klaren Befunde von Professor *Luchsinger* und den bestehenden Angaben zu klären, hatte dann *Gysi*[4]) im Laboratorium von Prof. *Luchsinger* eingehende Untersuchungen an den Iriden von Frosch, Kröte, Unke, Salamander, Eidechse, Schildkröte, Taube, Kaninchen, Hund, Katze, Ziege und Ochs den Einfluss von Wärme und Kälte auf die Weite der Pupille angestellt. Das wesentliche Ergebniss war eine volle Bestätigung der von Prof. *Luchsinger* mitgetheilten Angaben: bei mässiger Erwärmung der verschiedensten Augen (Aalaugen ausgenommen) stets Verengerung, erst bei zu hohen Temperaturen Erweiterung der Iris. Auch für den Aal konnte dann später Prof. *Luchsinger*[5]) eine Versuchsform finden, die auch diese Augen dem allgemeinen Gesetze fügte. Vor kurzem sind aber zwei weitere Arbeiten aus *Grünhagen's*

---

[1]) Luchsinger, Zur allgemeinen Physiologie, Seite 13.
[2]) Schur. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868. Band 31.
[3]) Samkowy. Ueber den Einfluss verschiedener Temperatur-Grade auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven und Muskeln. Dissertation. Berlin, 1875.
[4]) Gysi. Beiträge zur Physiologie der Iris. Dissertation. Bern, 1879.
[5]) Luchsinger. Mittheilungen der Berner Naturforschenden Gesellschaft. 1880.

Laboratorium erschienen, von denen die eine (*Biernath*[1]) sich im Wesentlichen mit der Experimentalkritik der Arbeit von *Gysi* beschäftigte, während die andere (*Pfalz*[2]) in allgemeinerer Fassung des Problems die glatten Muskeln, vorzüglich den Detrusor vesicæ, untersuchte. Aber die Arbeit von *Biernath* wurde im Wesentlichen eine Bestätigung der ältern Versuche von *Schur*; nur ausnahmsweise allerdings traf auch er auf direct entgegengesetzte, also mit den Versuchen von Prof. *Luchsinger* und *Gysi* übereinstimmende Resultate. Denn wenn auch nur äusserst selten, so fand doch auch er immerhin in einigen Fällen wie Prof. *Luchsinger* nach Erwärmung von Froschaugen eine Verengerung der Pupille.

Ein solcher Stand der Angelegenheit musste nothwendig eine neue Untersuchung hervorrufen und schlug nun Herr Professor *Luchsinger* eine neue Bearbeitung dieses Gegenstandes vor.

Es waren einmal in erster Linie die Versuche von *Schur, Gysi, Biernath* zu wiederholen; es hatte aber eine solche Wiederholung nothwendig auch auf eine möglichste Vervollkommnung der Versuchsmethoden zu trachten. Weiter aber musste uns auch das Verhalten anderer irritabler Gewebe, ganz vorzugsweise jenes der einfachen Nervenfaser, in hohem Masse interessiren. Verlaufen doch innerhalb der Iris zugehörige motorische Fasern genug, und konnte man wenigstens a priori sehr daran denken, einen Theil der beobachteten Erscheinungen aus directen Reizungen dieser Nerven abzuleiten.

---

[1]) Biernath. Ueber die Irisbewegungen einiger Kalt- und Warmblüter bei Erwärmung und Abkühlung. Dissertation. Leipzig, 1882.

[2]) Pfalz. Ueber das Verhalten glatter Muskeln verschiedener Thiere gegen Temperaturdifferenzen und elektrische Reize. Dissertation. Königsberg, 1882.

Ueber das Verhalten der Wärme und Kälte gegen motorische und sensible Nervenfasern existiren zwar schon eine Reihe von Angaben, deren Ergebnisse aber keineswegs übereinstimmend waren. Das Unbefriedigende solcher Widersprüche, der nahe Zusammenhang dieser Fragen mit dem Ausgangspunkt unserer Untersuchungen forderte zu neuen Forschungen auf.

I. Capitel.

Einwirkung von Kälte und Wärme auf motorische und sensible Nerven der Warmblüter.

Ernst Heinrich Weber[1]) war der erste, der die Wirkung der Kälte und Wärme auf Nerven studirte. Er kühlte den menschlichen nervus ulnaris erheblich ab, indem er den Ellbogen in Schnee eintauchte und rief dadurch Schmerz, dann Eingeschlafensein hervor, aber keine Muskelzuckungen. Diese Beobachtungen schildert *Weber* selbst mit folgenden Worten: «Da dieser Nerv sowohl zahlreiche Empfindungsnerven, als auch zahlreiche Bewegungsnerven enthält und die Kälte zu beiden im gleichen Masse hindringt, so ist es interessant, dass die Einwirkung der Kälte auf die Bewegungsnerven sehr unbeträchtlich ist, während sowohl ein ziemlich heftiger Schmerz, als auch eine Betäubung des Empfindungsvermögens entsteht. Wärme und Kälte scheinen daher leichter Schmerz, elektrische Ströme leichter Muskelzusammenziehungen zu erregen.»

Später untersuchten *Pickford* und *Eckhard* die Einwirkung von Wärme und Kälte auf Froschnerven. *Eckhard*[2]) bediente sich bei seinen Experimenten des galvanischen Nervmuskelpräparats, indem er den Nerv in Wasser von verschiedener Temperatur einlegte. Das Verhalten des Muskels zeigte den Reizzustand des Nervs.

[1]) Handwörterbuch der Physiologie von R. Wagner. Band III., Abtheilung 2, 1846, Seite 497.
[2]) Zeitschrift für rationelle Medicin. Band X., 1851.

Eckhard fand, dass Erwärmung bis 54°—60° R., sowie Abkühlung bis — 5° R. Zuckungen des Muskels auslösten. Dabei behauptet er, dass »jede durch Wärme erregte Zuckung von Zersetzung, oder besser, dauernder Veränderung des Nervenmarks« begleitet sei, und dass das centrale Nervensystem für thermische Reize empfindlicher als die Muskeln sei.

Aehnliches fand *Pickford*[1]), der ebenfalls auch bei starker Erwärmung Zuckungen constatirte. *Harless*[2]), der auch, wie die vorhergenannten, an Nervmuskelpräparaten experimentirte, legte den Nerv in einen mit Wasserdämpfen beschickten Luftraum, dessen Temperatur er nach Belieben wechseln konnte. Er untersuchte den Erregbarkeitszustand der motorischen Nerven bei verschiedenen Temperaturen, und nebenbei auch die direkte Reizwirkung der Kälte und Wärme, und fand bei Erwärmung Verminderung der Reizbarkeit, bei Abkühlung Erhöhung derselben. Bei Erwärmung auf 63° R., oder Abkühlung auf 0° bis —15° R, beobachtete er klonische und tonische Krämpfe. Die Erklärung für die Entstehung der Krämpfe findet er in mechanischen Veränderungen des Nervengewebes, wie sie bei einer schnell angezogenen Ligatur entstehen. — Die Einwirkung der Wärme und Kälte auf motorische Froschnerven studirten endlich *Rosenthal* und *Afanasieff*[3]), die bei raschem Erwärmen der Nerven auf 35°—40° klonische, bei Erwärmen auf 40°—45° tonische Zuckungen entstehen sahen.

Grützner[4]) war der erste, der die Einwirkung der Wärme und Kälte auf motorische und sensible Nerven

[1]) Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe, Band VIII. 1860.
[2]) Zeitschrift für rationelle Medicin. Band X., 1851, und neue Folge B. I.
[3]) Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin von Reichert und Du-Bois-Reymond. 1865.
[4]) Pflüger's Archiv. Band XVII., p. 215 und folgende.

der Warmblüter eingehender untersuchte. Die Methode, deren er sich hierzu bediente, war die, dass er entweder den Nerv in ein Gefäss mit einprocentiger Kochsalzlösung, oder reinem Olivenöl von gewünschter Temperatur gab, oder den Nerv auf ein kleines Metallkästchen aus Messingblech legte, dessen hohle Wände von fliessendem Wasser erwärmt, respective abgekühlt wurden. *Grützner* constatirte auf diese Weise, dass die Erwärmung der peripherischen Stümpfe motorischer Nerven auf 50°—52°, sowie die Abkühlung auf 0° bis —5° keine Muskelzuckungen bewirkten, Erwärmung des centralen Ischiadicus-Stumpfes erzeugte dagegen Schmerzäusserungen und Blutdrucksteigerung, Abkühlung — weder Blutdrucksteigerung noch sonstige Reflexe. Erwärmung des Vagus führte zu: 1) reflectorischer Verlangsamung des Herzschlages; 2) pressorischer oder depressorischer Wirkung des vasomotorischen Centrums, und 3) zum Verharren des Zwerchfells, meistens in Exspirations-, seltener in Inspirationsstellung. Oft trat auch eine Verlangsamung der Athmungsbewegungen auf. Abkühlen des Vagus hatte keine Blutdrucksteigerung oder sonstige Reflexe zur Folge.

Auf Grund seiner Versuche stellt *Grützner* den Satz auf, dass durch eine Erwärmung auf 45°—50° C. die centripetalen Nerven der verschiedensten Art erregt werden, während mit Ausnahme der Gefässerweiterer der Haut die centrifugalen in ihrer Erregbarkeit wohl bedeutend beeinflusst, aber nicht direct gereizt werden. Die Ursachen der Wirkungslosigkeit der Kälte sieht er in dem Umstande, dass die Abkühlung die Nerven unfähig machen soll, einen etwaigen Reiz zu leiten, bemerkt aber, dass wenn die Leitung nicht gestört wäre, auch die Kälte wohl als Nervenreiz wirken könne.

Endlich ist uns noch während Abfassung unserer eigenen Versuche eine erst vor Kurzem erschienene No-

tiz von *Eckhard* [1]) zu Gesicht gekommen, in welcher er ein mit dem Blosslegen, also wohl Abkühlen des Hypoglossus in Verbindung stehendes Flimmern der Zunge berichtet.

Ich gehe nunmehr zu den eigenen Versuchen über. Die Methode bestand darin, dass der frei präparirte und blossgelegte Nerv durch sanftes Anlegen eines Glasröhrchens, in welchem Wasser von gewünschter Temperatur circulirte, abgekühlt, respective erwärmt wurde. Diese Methode scheint desshalb zweckmässiger, als die des Einlegens in Salzwasser zu sein, weil nur auf diese Weise eine anderweitige Ausgleichung der Nervenströme vermieden werden konnte. Denn wenn eine durchschnittene und desshalb elektromotorisch wirksame Nervenfaser plötzlich ihren Strom in eine gut leitende Flüssigkeit ausbreiten kann, so werden damit die in ihr selber kreisenden Stromfäden nothwendig an Intensität abnehmen; dadurch müssten durch Eintauchen eines angeschnittenen Nervs in eine leitende Flüssigkeit nothwendig Oeffnungserregungen entstehen, und könnte also Eintauchen der Nerven in Kochsalzbäder Veranlassung zu irriger Deutung geben. [2])

In unseren Versuchen haben wir den Einfluss der Wärme und Kälte auf verschiedene motorische und sensible Nerven geprüft.

A. Die Kälte als Reiz. [3])

Versuch I.

Kaninchen chloralisirt. Tracheotomie gemacht. Luftröhre etwas losgelöst und die Speiseröhre frei gelegt. Dann

[1]) Bischoffs Jubelband.

[2]) Hering. Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskel-Physiologie. I. Mittheilung. Ueber directe Muskelreizung durch den Muskelstrom. Wiener academische Sitzungsberichte, III. Abtheilung. B. 79. 1878.

[3]) Von unseren Versuchen seien stets nur einige als Beispiele angeführt.

die nervi vagi präparirt und durchschnitten. Das periphere Ende eines derselben wird unserem gläsernen Reizrohre angelegt. In demselben circulirt Wasser von + 1° C. Es zeigen sich deutliche Zuckungen am Oesophagus. Unmittelbar darauf werden dieselben Stümpfe in Vaselinöl von 1° C. gelegt, sofort treten am Oesophagus Zuckungen auf. Nach diesem Versuche zeigten die Vagi selbst auf schwache faradische Ströme noch deutliche Reaction. Darauf wurden die Ischiadici präparirt, durchschnitten und auf dieselbe Weise mit dem Glasrohr die peripheren Stümpfe abgekühlt. Die Zehen begannen sofort zu zucken. Nun wurde der Nervus facialis blossgelegt und durchschnitten. Unmittelbar nach der Durchschneidung traten wogende Bewegungen in den Barthaaren auf. Nach einigen Minuten verschwinden diese und das Reizrohr wird angelegt. Nun kamen die wogenden Bewegungen wieder zum Vorschein. Zuletzt leiteten wir künstliche Athmung ein, eröffneten die Brusthöhle, legten die beiden nervi phrenici bloss und durchschnitten dieselben. Auf Abkühlen der peripheren Enden erfolgten sofort kräftige Contractionen des Zwerchfells.

Dieser, sowie noch mehrere analoge Versuche, zeigen deutlich, dass die Kälte die motorischen Nerven der quergestreiften Muskeln reizt. Um zu sehen, ob die glatten Muskelfasern sich analog den quergestreiften verhalten, machten wir folgenden Versuch.

Versuch II.

Einem morphinisirten Hunde, der zu anderen Versuchszwecken benutzt wurde, wurde nach Einleitung der künstlichen Athmung die Brusthöhle eröffnet, das untere Ende der Speiseröhre blossgelegt. Dieses enthält bekanntlich glatte Muskulatur. Es wurde vorsichtig von den begleitenden Nervi vagi gelöst und von dem oberen Stücke, ohne die Nervi vagi zu beschädigen, getrennt; dann wurde das Reizrohr an das periphere Ende eines Nervus vagus angelegt und der glattmuskelige Theil der Speiseröhre beobachtet. Es traten jetzt die für diesen Theil charakteristischen langsam ablaufenden Bewegungen ein.

Es blieb noch die Wirkung der Kälte auf sensible Nerven zu untersuchen.

Versuch III.

Einem chloralisirten Kaninchen wurde in die linke Carotis ein Manometer eingeführt; ein Ischiadicus präparirt, durchschnitten und das centrale Ende abgekühlt. Der Blutdruck stieg deutlich und es trat ein Inspirationskrampf auf. Nun wurden die beiden nn. vagi blossgelegt, durchschnitten und abgekühlt. Die Athmungsfrequenz sank deutlich herab.

B. Die Wärme als Reiz.

In diesen Versuchen wurde Wasser von 48°—56° C. durch unser Glasrohr durchgeleitet. Legt man namentlich dünne Nerven ohne Weiteres an unser Glasrohr an, so bemerkt man oft nach einiger Zeit Zuckungen, während zu Beginn noch Alles ruhig bleibt; beobachtet man dann solche Nerven, so kann man sie schon stark eingetrocknet finden, und sind solche Versuche natürlich nicht beweiskräftig. Wir haben kurz vor dem Anlegen des Reizrohrs die Nerven in den folgenden Versuchen stark angefeuchtet.

Versuch IV.

Einem chloralisirten Kaninchen wurden die Nervi vagi blossgelegt, durchschnitten und die peripherischen Enden auf 50°, dann auf 53° C. erwärmt. Der Oesophagus zeigte keine Zuckungen, während dagegen Reizung mit faradischen Strömen solche bewirkten. Nun wurde bis 56° erwärmt. Der Oesophagus blieb ruhig. Der Nerv war todt. Erwärmung auf 50° oder 53° der peripherischen Enden des Medianus und Ulnaris bewirkten keine Zuckungen, während sie auf faradische Ströme noch kräftig reagirten. Auch bei Erwärmung des Facialis konnten wir keine wogenden Bewegungen der Barthaare, wie wir solche beim Abkühlen gesehen haben, constatiren. Erwärmung des Ischiadicus

bis 53° hatte keine Zuckungen an den Zehen zur Folge. Nun wurde künstliche Athmung eingeleitet, der Thorax eröffnet, die beiden Phrenici durchgeschnitten und die peripheren Enden bis 50°, dann 53° erwärmt. Das Zwerchfell blieb ruhig, während Anlegen des Phrenicus an das pulsirende Herz noch das von *Schiff* beschriebene Phänomen der mit dem Pulse isochronen Zwerchfellscontractionen zeigte.

Es wurden noch eine Anzahl ähnlicher Versuche angestellt, die alle mit dem oben citirten Versuch übereinstimmten, und darum, um Wiederholung zu vermeiden, nicht aufgeführt sind. Ich muss noch erwähnen, dass in seltenen Fällen bei Einwirkung hoher Temperaturen (56°) nach einer gewissen Zeit, die 3–5 Minuten dauern konnte, Zuckungen in den Muskeln eintraten, die aber in einer Vertrocknung der Nerven, die trotz aller Cautelen nicht immer vermieden werden konnte, ihre Erklärung finden.

Bei Erwärmung der sensiblen Nerven (centrale Stümpfe des Vagus, Ischiadicus und Medianus) haben wir immer eine deutliche Veränderung des Athmungsmodus gesehen. Der Effect war wesentlich verschieden je nach der Stärke der Reizung. Mildere Reizung des Vagus (50°) bewirkte entweder Inspirationsstillstand oder starke Beschleunigung der Athmung. Stärkere Reizung dagegen (53°) bewirkte eine Verlangsamung der Athmung oder auch vorübergehenden exspiratorischen Krampf. Aber ganz übereinstimmend mit diesen Versuchen am Vagus lauten unsere Versuche an andern sensiblen Nerven; gleichgültig ob wir die centralen Enden des Ischiadicus, Medianus oder Ulnaris reizten, stets zeigte sich bei schwächeren Reizen Beschleunigung der Athmung oder Inspirationskrampf, bei stärkerer Erwärmung aber (53°) Verlangsamung der Athmung oder Stillstand in Exspiration.

Nach einer nicht ganz einwandsfreien Methode (Eintauchen des Nervs in Kochsalzbäder oder Brennen desselben) ist allerdings schon *Langendorff*[1]) zu gleichen Resultaten gelangt.

Aber nicht nur für thermische Reize, sondern ganz allgemein für die verschiedenartigsten Erregungen scheint die Stärke der Reizgrösse für den Erfolg bestimmend zu sein. Denn *Langendorff* sah auch Beschleunigung der Athmung eintreten, wenn er sensible Nerven auf andere Weise geringeren Erregungen aussetzte; bei stärkerer Reizung trat aber auch dann Verlangsamung der Athmung ein.

Für einen bisher noch wenig untersuchten, aber gerade für die Athmung gewiss nicht bedeutungslosen Nerven, für den Nervus olfactorius, war denn auch vor kurzem *Gourewitsch*[2]) im Laboratorium von Herrn Professor *Luchsinger* zu gleichen Resultaten gelangt, und fügt sich dieser je nach der Stärke des Reizes verschiedene Erfolg der Athembewegungen ungezwungen ein in jenes allgemeinere Reflexgesetz, welches Prof. *Luchsinger* vor einigen Jahren für das Rückenmark verschiedenster Thiere aufgestellt hat.

Unsere Versuche mit Wärmereizung motorischer und sensibler Nerven warmblütiger Thiere liefern im Wesentlichen eine volle Bestätigung für jene vor einigen Jahren von *Grützner*[3]) gemachten Angaben, treten aber damit in vollen Widerspruch zu den seither von *Knoll*[4]) mitgetheilten Versuchen. Dieser Forscher fand nämlich weder bei starker Abkühlung, noch bei Erwärmung des Vagus irgend welchen Effect und ist geneigt, die positiven Er-

[1]) Mittheilungen des Königsberger Physiologischen Laboratoriums. B. I. Heft 1.
[2]) Gourewitsch. Berner Dissertation. 1883. 1—18.
[3]) Grützner. Pflüger's Archiv, Bd. XVII, Seite 215.
[4]) Knoll. Wiener academische Sitzungsberichte. 3. Abtheilung, B. 86. 1882. Seite 62.

folge von *Grützner* auf Ein- und Antrocknen des Nerven zurückzuführen. Wenn auch bei den Wärmeversuchen ein solcher Einwand wohl gewiss einer Berücksichtigung werth ist, so fällt ein solcher doch bei unsern Abkühlungsversuchen sicherlich dahin. Unsere deutlich positiven Ergebnisse der Kältereizung sensibler sowohl wie motorischer Nerven erscheinen uns dagegen völlig einwandsfrei. Der Unterschied aber, den wir bisher zwischen motorischen und sensiblen Nerven aufgestellt haben, dürfte nicht an den Nervenfasern selbst, sondern vielmehr an der Verschiedenheit der Nervenendigungen liegen. Dass die Wärme dann aber vorzüglich die sensiblen Nerven zu reizen im Stande ist, die Kälte dagegen die beiden Nervenarten, kann dann nur in einer geringeren Reizwirkung der Wärme begründet sein. Wenn man weiss, wie sonst die Wärme für die verschiedensten Gewebe ein mächtiger Reiz ist, so erscheint das Ergebniss des Versuches in höchstem Grade überraschend und es erscheint fast noch überraschender, wenn wir sehen, wie die Kälte, die sonst doch durch Herabsetzung der Beweglichkeit der Molekule alle Lebenserscheinungen herabsetzt, in diesem Falle umgekehrt, zu Beginn wenigstens reizend wirkt. Ob die Kälte das Mark der Nervenfasern zum Schrumpfen bringt und damit nicht als solche wirkt, sondern etwa wie eine Ligatur den Nerven quetscht, müssen wir dahingestellt lassen; möglich wäre immerhin, dass auch der rasche Uebergang bestimmter Molekule des lebendigen Protoplasma aus dem leicht beweglichen in den trägeren Zustand auf benachbarte, aber noch weniger abgekühlte Molekulgruppen erregend wirkt.

II. Capitel.

Ueber den Einfluss der Wärme und Kälte auf die Iris einiger Kaltblüter.

Im Begriff, die Versuche von *Gysi* zu wiederholen und weiter auszudehnen, dachten wir sogleich an eine Verbesserung der anzuwendenden Methoden. Es sollte die Pupillenweite der zu beobachtenden Augen nicht bloss, wie bei *Gysi*'s Versuchen, mit einem feineingetheilten Glasmassstabe abgeschätzt werden, sondern wir suchten die Messungen noch exacter zu machen durch Anwendung eines Ocularmicrometers mit schwacher Vergrösserung [1]). Zu diesem Behufe hatten wir der grössern Bequemlichkeit halber auf die Untersuchung ganzer Thiere vorläufig verzichtet und beschränkten wir uns auf eine Beobachtung exstirpirter Augen und halbierter Köpfe. Diese Objecte wurden unter dem Mikroskop in einem Glaskästchen mit planparallelen Platten untergebracht und konnte die Temperatur innerhalb dieses Kästchens durch Zuleiten verschieden temperirten Salzwassers regulirt werden. Dicht neben dem Auge war die Quecksilberkugel eines Thermometers befestigt.

Durch die Beobachtungen von Professor *Luchsinger* war ein evidenter directer Einfluss des Lichtes auf die Weite der Iriden verschiedener kaltblütiger Thiere dargethan. Um den specifischen Einfluss der Temperaturänderung allein zu gewinnen, mussten neben gewöhnlichen,

[1]) Ich bediente mich Hartnack's Objectiv 1., Ocular 2. Die absoluten Werthe der Ablesungen sind nicht ausgerechnet.

am Lichte angestellten Beobachtungen auch solche mit möglichster Vermeidung des Lichtes[1]) folgen.

I. Beobachtungen an der Froschiris.

In getreuer Wiederholung der *Gysi*'schen Beobachtungen wurden zuerst Versuche angestellt, in denen die Wärme von Zimmertemperatur ab bis gegen 40° C. gesteigert wurde, alsdann folgten Versuche, in denen umgekehrt die Temperatur nur zwischen 0° und etwa Zimmertemperatur schwankte. Da am Frosch die Resultate beider Versuchsreihen besondere Eigenthümlichkeiten zeigen, so seien auch die entsprechenden Beobachtungen gesondert beschrieben.

A. Die Temperatur schwankt von 12° bis 40° C.

Das Resultat dieser Beobachtungen liefert im vollen Umfang eine Bestätigung der Beobachtungen von *Gysi*. Jedesmal verengerte sich die Pupille bei beginnender Erwärmung; wurde jedoch die Erwärmung zu weit getrieben, oder hielt eine mässige Erwärmung zu lange an, so trat jetzt nachträglich eine Erweiterung ein. Die beiden Versuchsreihen mit und ohne Beleuchtung zeigten keinen Unterschied in dem Verhalten. In neuester Zeit hatte *Biernath*[2]) unter *Grünhagen*'s Leitung die Beobachtungen Gysi's geprüft, hatte aber merkwürdigerweise nur im Ausnahmefalle

[1]) Zur Messung war natürlich eine minimale Beleuchtung nöthig; «ohne Beleuchtung» dürfte also als möglichst schwache Beleuchtung aufgefasst werden.

[2]) Ueber die Irisbewegung einiger Kalt- und Warmblüter bei Erwärmung und Abkühlung. Leipzig. Dissertation 1882.

dessen Ergebnisse bestätigen können. Worauf die Differenz zwischen *Gysi* und uns einerseits, *Grünhagen* und *Biernath* andrerseits beruht, war uns unmöglich aufzuklären.

Im Folgendem seien einige unserer Versuche mitgetheilt.

Versuch I.

Rana temporaria getödtet und die Augen exstirpirt.

	Pupillenweite H. D.	V. D.
Augen nach der Exstirpation	7,5	5,5
» im Salzwasser von 40° C. nach 5 Min.	5,3	4,0
» » » » 12° C. » 3 »	5,6	4,2

In solchen Versuchen zeigte sich das einfache Gesetz, dass die Pupillenweite sich verkleinert beim Steigen der Temperatur, sich vergrössert beim Sinken der Wärme.

Andere Versuche zeigen, dass ein Optimum der Temperatur besteht, da bei noch höheren Temperaturen die Pupille wieder weiter wird.

Versuch II.

Rana temporaria getödtet. Der Kopf abgeschnitten und halbiert.

	Pupillenweite H. D.	V. D.
Augen vor dem Versuch . .	5,0	3,2
» in Salzwasser von 40°	4,5	2,2
» » » » 12°	4,7	2,7

Bis zu 40° zeigte sich hier wieder eine Verengung der Pupille. Wir erwärmten dann 3 Minuten lang weiter bis zu 50° — jetzt trat eine mächtige Erweiterung ein.

	Pupillenweite H. D.	V. D.
Augen in Salzwasser von 50°	6,2	4,4

Diese Erweiterung aber blieb bei nachfolgender Abkühlung bestehen. Die Erweiterung bei hoher Temperatur braucht nicht sofort aufzutreten; bei etwas plötzlicher Erwärmung auf 50° zeigt sich im Gegentheil zuerst als Reizwirkung eine starke Contraction des Sphincters, dann erst eine Lähmung.

Versuch III.

Rana temporaria getödtet. Die Augen exstirpirt.

	Pupillenweite H. D.	*V. D.*
Augen vor dem Versuch	5,5	3,4
» plötzlich in Salzwasser bis auf 50° erwärmt	3,8	2,4
» nach 2 Minuten bei gleicher Temperatur	6,4	4,8

In den bisherigen Versuchen war die Temperatur verhältnissmässig rasch geändert worden. Die Erscheinungen waren jedoch im Prinzipe gleich auch bei möglichst langsamer Temperaturänderung. Als Beispiel der nächste Versuch.

Das exstirpirte Auge wurde von 10 zu 10 Minuten um 2° erwärmt, die Beobachtung dauerte von 10 Uhr bis 12 Uhr 15 M. Die Temperatur stieg von 18° C. bis 42°. Ich beobachtete dabei ein Temperaturoptimum bei 37°, bis dahin verengte sich die Pupille immer mehr. Jenseits 37° bis zu unserer Grenze von 42° trat eine zunehmende Erweiterung ein.

Versuch IV.

Rana temporaria getödtet. Die Augen exstirpirt.

	Zeit	*Temperatur C.*	*Pupillenweite H. D.*	*V. D.*
Augen im Salzwasser um	10 Uhr	18°	4,5	2,5
» » » »	10 » 10 M.	20°	4,5	2,5
» » » »	10 » 20 »	22°	4,5	2,5
» » » »	10 » 28 »	24°	4,5	2,5

	Zeit	Temperatur C.	Pupillenweite H. D.	Pupillenweite V. D.
Augen im Salzwasser um	10 Uhr 35 »	26 ⁰	4,5	2,5
» » » »	10 » 45 »	28 ⁰	4,5	2,5
» » » »	10 » 55 »	30 ⁰	4,5	2,5
» » » »	11 » 3 »	32 ⁰	4,5	2,2
» » » »	11 » 10 »	34 ⁰	4,4	2,2
» » » »	11 » 20 »	36 ⁰	4,2	2,1
» » » »	11 » 30 »	37 ⁰	4,1	2,0
» » » »	11 » 45 »	39 ⁰	4,2	2,1
» » » »	12 »	40 ⁰	4,5	2,4
» » » »	12 » 10 »	41 ⁰	4,5	2,8
» » » »	12 » 15 »	42 ⁰	4,6	3,1

Die bisherigen Beobachtungen wurden alle bei guter Tagesbeleuchtung angestellt. Uebereinstimmend damit fielen auch die Beobachtungen im Dämmerlichte aus.

Versuch V.

Rana temporaria. Während des Versuchs wurden die exstirpirten Augen im Dunkeln gehalten.

	Pupillenweite H. D.	Pupillenweite V. D.
30 Minuten nachdem das Auge bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war . . .	6,1	5,5
Das Auge in Salzwasser von 40 ⁰ nach 5 Min.	5,2	4,0

Versuch VI.

Rana temporaria. Bedingungen gleich wie in Versuch V.

	Pupillenweite H. D.	Pupillenweite V. D.
40 Minuten nachdem das Auge bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war . . .	8,2	7,0
Das Auge in Salzwasser von 40 ⁰ nach 4 Minuten	7,0	5,5

B. Die Temperatur schwankt zwischen 12⁰ C. bis 0⁰.

Gysi hatte über den Einfluss niedrigerer Temperaturen keine Versuche angestellt, dagegen theilte Prof. *Luchsinger*[1])

[1]) Luchsinger, Mittheilungen der Berner Naturforschenden Gesellschaft. 1882.

eine Beobachtung mit, wonach unter Umständen allerdings auch Eisfrösche eine starke Verengerung der Pupille zeigen können.

Zu unseren Versuchen wandte ich zuerst wieder den vorhin beschriebenen Glaskasten an, durch den Wasser von verschiedenen Temperaturen floss. Entsprechend waren die Augen exstirpirt. Auch hier waren wieder die Beobachtungen sowohl bei gutem Tageslicht, wie bei möglichstem Lichtabschluss angestellt; jedoch zeigte sich bei beiden Versuchsreihen kein wesentlicher Unterschied. Wir fanden — dieses Mal übereinstimmend mit *Biernath* — mit jeder Abkühlung unter 12° eine mehr oder weniger deutliche Verengung der Pupille, die mit jedem mässigen Erwärmen einer Erweiterung Platz machte. Auch hier seien einige Beispiele angeführt.

Versuch VII.

Rana temporaria. Augen exstirpirt.

	Pupillenweite			
	R. Auge		*L. Auge*	
	H. D.	*V. D.*	*H. D.*	*V. D.*
1 Stunde nachdem die Augen bei Zimmertemperatur (15°) gehalten waren	5,0	3,0	4,8	3,0
Die Augen in Salzwasser von 1° nach 15 Minuten	3,5	1,2	3,8	2,0

Versuch VIII.

Rana temporaria. Die Augen exstirpirt und während des Versuchs im Dunkeln gehalten.

	Pupillenweite	
	H. D.	*V. D.*
30 Minuten nachdem das Auge bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war . .	8,0	7,0
Das Auge in Salzwasser von 2° nach 5 Min.	7,0	6,0

Versuch IX.

Rana temporaria. Bedingungen gleich wie in Versuch VIII.

	Pupillenweite H. D.	V. D.
40 Minuten nachdem das Auge bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war . .	5,4	4,7
Das Auge in Salzwasser von 2° nach 6 Min.	4,6	3,5

Versuch X.

Rana temporaria. Der Kopf abgeschnitten und halbiert. Während des Versuchs im Dunkeln gehalten.

	Pupillenweite H. D.	V. D.
45 Minuten nachdem der halbierte Kopf bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war	5,5	3,8
Der halbierte Kopf in Wasser von 2° nach 10 Min.	3,6	2,7

Auf die Diskussion dieser auf den ersten Blick höchst überraschenden Thatsache, dass Abkühlung eine starke Verengerung der Pupille hervorbringen kann, werden wir später, am Schlusse eintreten. Vorher seien noch Beobachtungen an Kröten und Aalen mitgetheilt.

II. Beobachtungen an der Kröteniris.

Leider musste ich mich aus Mangel an Material auf die Studien der Gesammtwirkung von Licht und Wärme beschränken. Es fehlen uns Versuche über die Wirkung der Temperaturschwankungen bei möglichster Vermeidung des Lichtes.

Die von uns angestellten Versuche zeigen einige bemerkenswerthe Thatsachen. In einer Anzahl von Versuchen wurde die Erwärmung des exstirpirten Krötenauges genau so wie bei dem Froschauge vorgenommen. Aber es zeigte sich, dass hier eine Erwärmung auf 40° sofort eine

Erweiterung bewirkt. Da auch bei Froschaugen schliesslich bei gewisser Höhe der Temperatur Erweiterung eintrat, so war aus solchen Ergebnissen zu schliessen, dass das Krötenauge gegen Erhöhung der Temperatur empfindlicher reagire und stellten wir desshalb auch Versuche mit niedrigerer Erwärmung an. Selbst Erwärmung auf 29° C., ja auf 21° hatte stets noch Erweiterung der Pupille zur Folge, z. B.:

Versuch XI.

Kröte. Augen exstirpirt.

					Pupillenweite Vert. Durchmesser[1])
Das	Auge	bei	Zimmertemperatur	15°	1,0
»	»	»	»	29°	1,8
»	»	»	»	7°	1,0
»	»	»	»	21°	1,4
»	»	»	»	2°	1,0

Kann man aus solchen Beobachtungen schliessen, dass bei Kröten die Pupille von 0°, eventuell 2° sich continuirlich proportional der Temperatursteigerung erweitere? Es schien uns dieses keineswegs verträglich mit den Gesetzen der allgemeinen Physiologie. Wahrscheinlich schien es uns, dass irgendwo zwischen 0° und 20° ein Optimum liege von möglichst starker Pupillenverengerung, dass über dieser Temperatur erst die Pupille weiter werde.

Zu solchem Behufe habe ich Temperaturen von 2° und 10° mit einander bei Beleuchtung verglichen.

Versuch XII.

Kröte. Augen exstirpirt, längere Zeit bei 2° in Beleuchtung aufbewahrt.

[1]) Ich mass nur den verticalen Durchmesser, da derselbe bei Kröten unter Temperatur- und Lichteinflüssen eine viel stärkere Schwankung zeigt, als der Horizontaldurchmesser.

Temperaturen.	*Pupillenweite vert. Durchm.*
2° C.	1,1
10°	0,8
2°	1,0
18°	1,1

Ganz übereinstimmende Resultate giebt folgender Versuch.

Versuch XIII.

Kröte. Augen exstirpirt.

Temperaturen.	*Pupillenweite vert. Durchm.*
1° C.	0,7
10°	0,5
18°	0,9
1°	0,7
10°	0,6
1°	0,7
30°	1,5

Also ergiebt sich aus solchen Versuchen ein Optimum der Temperatur, bei dem eine möglichst starke Verengerung der Pupille des beleuchteten Auges auftritt.

Eine andere Versuchsreihe belehrt uns über dasselbe, zeigt aber ausserdem noch, dass bei der Kröte im Gegensatz zum Frosch die Abkühlung für sich eine Erweiterung der Pupille zur Folge hat.

Die exstirpirten Augen einer Kröte wurden in's Dunkle gebracht und auf Eis abgekühlt. Nach einiger Zeit waren die Pupillen sehr weit. Nun wurden beide Augen beleuchtet. Das eine Auge blieb fortwährend auf Eis. Die Pupille contrahirte sich träge. Das andere Auge wird mit lauem Wasser übergossen. Es tritt eine bedeutend stärkere Contraction des Sphincters ein.

III. Beobachtungen an der Aaliris.

In verschiedenen Angaben der Literatur finden wir, dass stets mit jeder Erwärmung die Aaliris sich erweitere. Auch *Gysi* bestätigte dieses für den gewöhnlichen Fall einer stärkeren Erwärmung der beleuchteten Augen, fand aber im Gegentheil eine schwache Verengerung bei Erwärmung, sobald das Auge dem Lichteinfluss möglichst entzogen war. Bald darauf fand Professor *Luchsinger* selbst für beleuchtete Aalaugen die alten Angaben durchaus nicht unbedingt zutreffend. Er fand auch hier ein Optimum der Temperatur, bis zu welchem bei gleicher Beleuchtung die Verengerung immer mehr zunahm und von welcher ab erst die früheren Behauptungen gelten.[1])

In *Grünhagen's* Laboratorium wurden von *Biernath* die Versuche wiederholt, aber keineswegs bestätigt. Diesem Widerspruche verdanken die folgenden Versuche ihre Entstehung.

Sehr leicht waren ohne messende Beobachtungen die an angeführtem Orte von Prof. *Luchsinger* mitgetheilten Beobachtungen zu bestätigen.

Die beiden Augen eines frischen Aalkopfes werden exstirpirt, im *Dunkeln* eine Zeitlang aufbewahrt; dann auf Eis abgekühlt. Die Erweiterung der Iris schien eine maximale zu sein. Dann werden beide Augen auf Eis beleuchtet. Es tritt eine schwache Verengerung ein. Ich übergiesse das eine Auge mit lauem Salzwasser (circa 10°—15°). Trotzdem die Beleuchtung in beiden Augen dieselbe bleibt, zeigt sich nun doch eine bedeutend stärkere Verengerung in dem schwach gewärmten Auge. Immerhin mochte es wünschenswerth sein, auch einige Zahlen-

[1]) Luchsinger. Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Bern. 1880. S. 104.

angaben zu gewinnen und stellte ich desshalb auch noch einige Versuche im Wärmekasten unter dem Mikroskope an. Zwei Versuche seien als Beispiele mitgetheilt.

Versuch XIV.

Ein Aalauge wird exstirpirt, in dem Kästchen aufgestellt und abgekühltes Salzwasser längere Zeit durchgeleitet. Nachdem die Pupille einige Zeit constant geblieben ist, wird der Einfluss der Temperaturschwankung studirt.

Temperatur	*Pupillen-Durchmesser.*[1])
1^0	$1,_8$
6^0	$1,_6$
1^0	$1,_8$
8^0	$1,_7$

Also sehen wir hier beim Aalauge ein Optimum der Temperatur bei circa 6^0.

Versuch XV.

Bedingungen gleich wie in Versuch XIV.

Temperatur.	*Pupillen-Durchmesser.*
2^0	$2,_7$
7^0	$2,_1$
3^0	$2,_3$
10^0	$2,_2$
12^0	$2,_3$

Sofort sieht man auch hier beim Ueberblick dieser Zahlen wieder ein Optimum der Temperatur. Dasselbe liegt für den Aal bei circa 7^0. Vergleichen wir diese Versuche mit den ganz analogen an der Kröte, so sehen wir eine vollkommene Uebereinstimmung, nur liegt das Optimum der Temperatur bei beiden Thieren etwas ver-

[1]) Horizontal- und Verticaldurchmesser blieben stets genau gleich.

schieden. Beim Aal liegt dieser charakteristische Punkt um einige Grade niedriger als bei der Kröte.

Auch über den zweiten Punkt der Differenz habe ich einige Versuche angestellt. Es war zu untersuchen, wie sich eine möglichst dunkel gehaltene Aaliris der Erwärmung gegenüber verhalte. In der ersten Versuchsreihe verzichtete ich auf eine Messung der Pupillenweite, da eine solche ja doch nur bei ziemlich guter Beleuchtung genau auszuführen wäre. Ich hielt die halbierten Köpfe eines Aals einige Zeit im Dunkeln, bis die Pupillen möglichst weit waren. Es war dann kein merklicher Unterschied in der Weite der Pupillen beider Augen wahrzunehmen. Dann brachte ich das eine Auge in ein dunkel gehaltenes, mit Eisstückchen gefülltes Porcellanschälchen, das andere natürlich ebenfalls im Dunkeln in Wasser von circa 30°—40°. Nachdem die differenten Temperaturen 5—10 Minuten gewirkt hatten, brachte ich die beiden Kopfhälften, immer mit vollkommener Vermeidung des Lichtes, nebeneinander auf eine Glasplatte, und nun wurde plötzlich beleuchtet. In mehrfachen derartigen Versuchen zeigte sich im ersten Momente entweder kein Unterschied in der Pupillenweite beider Augen, oder es wurde sogar einige Male die Pupille des gewärmten Auges etwas enger gefunden, als die des abgekühlten, und wäre damit doch wieder eine Bestätigung der *Gysi*'schen Behauptungen gewonnen; mindestens geben unsere Versuche durchaus keine Stütze für die gegentheilige Behauptung, dass auch die dunkel gehaltene Pupille in der Wärme sich erweitere.

In einer anderen Versuchsreihe wandten wir unseren Wärmkasten an. Wir suchten die Pupille bei möglichstem Dämmerlicht zu messen. Jedoch befriedigten uns diese Versuche keineswegs. Entweder war das Licht für eine

ordentliche Messung zu schwach, oder — war es für die Messung genügend, so war es für das Aalauge ein recht merklicher Reiz. So möge den entsprechenden Ergebnissen, die bald schwache Erweiterung, bald schwache Verengerung ergaben, nicht besondere Bedeutung zuzulegen sein.

Die beschriebenen Beobachtungen bieten einige bemerkenswerthe Punkte. Frosch, Kröte und Aal scheinen auf den ersten Blick gegen Temperaturerhöhungen sich ganz verschieden zu verhalten. Bei 40° wenigstens ist die Froschiris verengert, die Iris des Aals und der Kröte dagegen bei viel schwächerer Temperatursteigerung schon erweitert. Betrachten wir aber unsere Tabellen näher, so können wir den Gegensatz nicht mehr als einen principiellen anerkennen, wir können vielmehr alle diese Differenzen mit Leichtigkeit auf bloss quantitative zurückführen. Auch der Frosch zeigt bei stärkerer Erwärmung eine Erweiterung der Pupille und giebt es bei Aal und Kröte eine Temperaturgrenze, bis zu welcher die Pupille proportional der Erwärmung sich verengert. Die Iriden dieser drei Thiere zeigen also nur eine verschiedene Empfindlichkeit gegen die Erwärmung, eben einen verschieden frühen Eintritt der Wärmelähmung.

Offenbar muss die Lebensweise der Thiere hier Aufklärung geben können. Und gewiss wird es nicht überraschen, wenn wir die Iris der nur zur Nachtzeit ausgehenden Kröte viel früher in Wärmelähmung verfallen sehen, als die des Licht und Sonne liebenden Frosches.

Wie mir Herr Prof. *Luchsinger* mittheilt, hat derselbe einen ähnlichen Unterschied der Resistenz gegen Erwärmung zwischen gewöhnlichen Tritonen und Alpensalamandern gefunden. Wenn man beiderlei Thiere im gleichen Raum erwärmt, so sind die an die Wärme wenig gewöhnten Alpenmolche schon zu einer Zeit wärmelahm, wo die Tritonen noch munter sich umhertummeln. Die Angabe von *Schur*, dass die Pupille der Warmblüter bei Erwärmung auf bestimmte Grade sich verengen, die der Kaltblüter aber sich erweitern soll, zeigt ebenfalls keinen principiellen Unterschied dieser Thiere an, sondern ergiebt sich einfach genug aus einer verschiedenen Höhe des Temperaturoptimums. Dasselbe wird eben doch bei Warmblütern sicher höher liegen, als wie bei Kaltblütern!

Anatomisch gleiche Organe verschiedener Thiere brauchen sich eben durchaus nicht genau gleich zu verhalten. Verschiedenheit der Lebensweise, wie Verschiedenheit der Funktion werden hier tiefgehende Unterschiede in Erregbarkeit wie Empfindlichkeit bedingen; haben doch noch in jüngster Zeit Prof. *Luchsinger* und *Willy Neumann* selbst an den verschiedenen quergestreiften Muskeln desselben Thieres derartige, durch verschiedene Funktion bedingte Unterschiede nachgewiesen. [1])

Auf einen solchen Unterschied verschiedener Muskeln desselben Thieres speziell gegen Temperaturerhöhung sei hier in Kurzem aufmerksam gemacht. Erwärmt man den Oesophagus des Kaninchens zusammen mit weissen und rothen Sceletmuskeln, so sieht man die weissen Muskeln schon bei etwas über 45° C. starr werden, der Oesophagus aber zuckt selbst bei Erwärmung über 50° noch energisch, und verfallen auch die rothen Muskeln des Kaninchens der Wärme-

[1]) vgl. Willy Neumann. Dissertation. Bern, 1883.

starre erst später. Ebenso findet man ähnliche Verhältnisse bei der Taube. Wenn wir das Auge einer eben getödteten Taube exstirpiren und zusammen mit Scelet-muskeln erwärmen, so finden wir die Iris selbst bei 52° C. noch 10 Minuten lang durch elektrische Ströme reizbar; während andere Muskeln nach kurzer Zeit todtenstarr werden. Vor Kurzem noch hatte *Engelmann* [1]) eine ebenfalls hierher gehörige Angabe gemacht. Er zeigte, dass der Aortenbulbus des Frosches eine Temperatur von 45° ertragen könne, während bekanntlich das übrige Herz schon etwas über 40° todtenstarr war.

Solche Fälle zeigen zur Genüge, dass einemunddemselben Eingriffe gegenüber selbst verschiedene Muskeln des gleichen Thieres sich verschieden verhalten. Uebereinstimmend mit den von Prof. *Luchsinger* an angeführtem Orte entwickelten Anschauungen können wir hier den Grund der Differenz in einer differenten Funktion erblicken und werden nun sofort ebenfalls verstehen, dass auch die anatomisch gleichen Muskeln bei verschiedenen Thieren quantitative Verschiedenheiten ihrer Erregbarkeit zeigen.

Während die Erwärmungsversuche beim Froschauge das längst gekannte Resultat ergeben, überraschen uns dagegen die Ergebnisse mit der Abkühlung. Nach Analogie von Aal und Kröte hätte man eben auch hier eine Erweiterung der Pupille vermuthen müssen, haben wir aber beim exstirpirten Froschauge sowohl bei Beleuchtung wie im Dunkeln durch stärkere Abkühlung stets Verengerung

[1]) Pflüger's Archiv. XXIX. 1882.

wahrgenommen. Aber schon die blosse Exstirpation des Auges macht beim Frosche gerade eine oft auffallend starke Verengerung. Es war jedenfalls wünschenswerth, diese Verhältnisse auch an ganzen Thieren zu untersuchen. Bringt man Frösche bei guter Beleuchtung in Eiswasser, so erfahren auch diese oft sehr starke Pupillenverengerung.[1]) Diese schon vor mehreren Jahren von Prof. *Luchsinger* gemachte Beobachtung war mir leicht, zu wiederholten Malen zu bestätigen. Aber noch war es nothwendig, den Einfluss des Lichtes auszuschalten. Ich habe desshalb in einigen anderen Versuchen Frösche einige Zeit im Dunkeln gehalten, bis die Pupillen sehr weit wurden, dann erst die Thiere in einem völlig verdunkelten Zimmer in Eiswasser etwa $1{,}_5$ Stunden abgekühlt und endlich nach solcher Zeit zur Beobachtung beleuchtet. Die Pupillen waren weit und verengten sich erst bei nachfolgender längerer Beleuchtung.

Versuch XVI.

Rana temporaria. Der Versuch wird im Dunkeln gemacht.

	Pupillenweite.			
	Rechtes Auge.		*Linkes Auge.*	
	II. D.	*V. D.*	*II. D.*	*V. D.*
30 Minuten nachdem der Frosch bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war	$2{,}_5$	$1{,}_5$	$2{,}_5$	$1{,}_7$
$1{,}_5$ Stunden nachdem der Frosch in Eiswasser abgekühlt war . .	$4{,}_0$	$3{,}_0$	$3{,}_9$	$3{,}_0$

Versuch XVII.

Rana temporaria.

	Pupillenweite.			
	Rechtes Auge.		*Linkes Auge.*	
	II. D.	*V. D.*	*II. D.*	*V. D.*
20 Minuten nachdem der Frosch bei Zimmertemperatur im Dunkeln gehalten war	$2{,}_9$	$1{,}_8$	$3{,}_0$	$2{,}_0$

[1]) Luchsinger, Mittheilungen der Berner Naturforschenden Gesellschaft. 1882. S. 74.

	Pupillenweite			
	Rechtes Auge.		*Linkes Auge.*	
	H. D.	*V. D.*	*H. D.*	*V. D.*
$1,_5$ Stunden nachdem der Frosch im Eiswasser im Dunkeln abgekühlt war	$3,_2$	$2,_2$	$3,_2$	$2,_5$
Nach 15 Minuten Lichteinwirkung, wobei der Frosch im Eiswasser blieb	$2,_9$	$1,_8$	$2,_9$	$2,_1$

Durch diese Versuche am ganzen Frosch haben wir eine völlige Analogie zu dem bei Kröte und Aal beobachteten Verhalten gewonnen, es treten dagegen diese Versuche am ganzen Thiere in einen merkwürdigen Gegensatz zu den Versuchen an exstirpirten Augen. Schon *Biernath* sind solche Differenzen aufgefallen (Seite 17 seiner Dissertation), aber seine Versuche, die Sache aufzuklären, blieben erfolglos, und um selber ein Verständniss dieser Erscheinungen zu schaffen, haben wir in einer ersten Versuchsreihe das centrale Nervensystem zerstört. Nun trat auch im Dunkeln bei Abkühlung eine Verengerung ein. Es war dies Resultat eigentlich nach unseren Versuchen an exstirpirten Augen kaum anders zu erwarten. Die Zerstörung des centralen Nervensystems bedingt aber nicht nur einfache Elimination desselben, sie bedingt eben auch Reizeffecte an peripheren Nervenstümpfen ganz so wie die Exstirpation.

Um bloss das centrale Nervensystem zu lähmen und anderweitige Reize zu vermeiden, haben wir die Zuflucht zu lähmenden Giften genommen. Wir injicirten einigen Fröschen circa $0,_{01}$ Chloral in die Bauchhöhle. Es ist dies eine Dosis, die erst allmählig die Lähmung einleitet, die also eine vorzeitige Schwächung des Herzens und daraus sich entwickelnde Erstickung der Gewebe verhindert. Sobald die Frösche beinahe reflexlos sind, werden sie im dunkeln Raume auf Eis abgekühlt und nach einer halben

Stunde ungefähr wieder beobachtet. Sie haben sehr weite Pupillen und sind völlig reflexlos. Werden jetzt die Augen beleuchtet, so tritt noch eine deutliche Verengerung ein. Blosse Lähmung des centralen Nervensystems ist also sicher nicht Schuld an dem verschiedenen Verhalten normaler und exstirpirter Augen. Also müssen denn wohl die mit der Exstirpation verbundenen Reizerscheinungen die Ursache dieser Differenz sein.

Wenn eben alle Reizungen möglichst abgehalten werden, so scheint auch beim Frosch die blosse Kälte für sich nicht verengend auf die Pupille zu wirken; dagegen tritt dann sofort eine enge Pupille auf, wenn irgend welche anderweitige Reize sich einstellen. Der Lichtreiz, der die Iris direct trifft[1]), wie der Wundreiz der Ciliarnerven wirken wenigstens in solchem Sinne. Haben wir etwa desshalb doch wenigstens an eine gesteigerte Erregbarkeit der Sphinctermuskulatur zu denken? Es scheint uns diese Annahme keineswegs nöthig, denn wir können die Erscheinungen genügend erklären aus der hier selbstverständlichen Annahme eines langsameren Zuckungsablaufes abgekühlter Muskeln. Man kann sich wohl denken, dass sowohl unter dem Einfluss des Lichtes als unter dem Einfluss der Wundreize die Erregungen der Iris nicht continuirlich sind, sondern in einzelnen Intervallen aufeinander folgen. Verlaufen aber die Zuckungen in den trägeren abgekühlten Muskeln langsamer, so werden dieselben noch nicht abgeklungen sein, wenn schon die folgenden Reize sich einstellen, es muss also zu einer Supposition der Zuckungen und so zu einer stärkeren Verengerung der Pupille kommen. Wir werden also gerade beim Frosch die durch die Kälte begünstigte Pupillenverengerung

[1]) Vergl. Gysi gegen Holmgreen.

nicht als Reizsymptom, sondern als ein Symptom grosser Trägheit der lebendigen Masse erklären können. Dass gerade ausschliesslich die Froschiris durch starke Kälte in diesen Zustand geräth, wird einfach genug mit dem relativ so hohen Temperaturoptimum seiner Iris zusammenhängen.

Eine Erscheinung des tagtäglichen Lebens möchten wir im gleichen Sinne deuten, es ist die Blässe der Haut bei kalter Temperatur.

Aus den Versuchen an motorischen und sensiblen Nerven der Warmblüter geht zwar deutlich genug auch eine Reizwirkung reizbarer Gewebe durch Kälte hervor. Gewiss werden nicht nur die motorischen Nerven, sondern auch andere irritable Gebilde in ähnlicher Weise sich benehmen. So theilt mir Herr Prof. *Luchsinger* mit, dass er auch an den reizbaren Blättern der Mimosa pudica durch positive wie negative Schwankungen der Temperatur Reizbewegungen wahrnahm. Für die Iris dagegen scheint uns eine direkte Reizwirkung der Kälte nicht gerade wahrscheinlich, da diese Wirkung bei Ausschluss anderer Reize versagt.

Am Schlusse meiner Arbeit endlich erfülle ich die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor *Luchsinger* den herzlichsten Dank auszusprechen, sowohl für die freundliche Unterstützung, als für die wohlwollende Aufmerksamkeit, die er mir bei meiner Arbeit zu Theil werden liess.